"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و پنجم، شماره ۱، بهار ۱٤۰۲

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.23223243.2021.19.1.29.0

اثر آرایش کاشت و سن گیاهچه بر عملکرد دانه و کارایی مصرف تابش ارقام محلی و اصلاح شده برنج (*Oryza sativa* L.) در خوزستان

Effect of planting arrangement and seedling age on grain yield and radiation use efficiency of local and improved rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in Khouzestan province, Iran

مدینه بناری[۱]، پیمان حسیبی[۲] و عبدالعلی گیلانی[۳]

چکیده

بناری، م.، پ. حسیبی و ع. گیلانی. ۱٤۰۲. اثر آرایش کاشت و سن گیاهچه بر عملکرد دانه و کارایی مصرف تابش ارقام محلی و اصلاح شده برنج (*Oryza sativa* L.) در خوزستان. **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۵ (۱): ٥٤ -٤۱.**

رشد و نمو گیاهان زراعی تحت تأثیر تابش خورشیدی قرار داشته و تولید ماده خشک اغلب با میزان تابش دریافت شده توسط گیاه و کارایی استفاده از تابش همبستگی مثبت دارد. به منظور ارزیابی کارایی استفاده از تابش در ارقام برنج، آزمایشی به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در مزارع پایلوت شهرستان قلعه تل استان خوزستان انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل ارقام برنج (چمپا، عنبوری و دانیال) (عامل اصلی)، آرایش کاشت در سه سطح (۱۵×۱۵، ۲۰×۱۵، ۳۰×۱۵ سانتی‌متر) (عامل فرعی) و سن گیاهچه (۳۰، ٤۰ و ٥۰ روزه) (عامل فرعی فرعی) بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال پنج درصد اثر معنی‌داری بر صفات گیاهی ارقام برنج داشتند. نتایج برهمکنش تیمارها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۹٤٦٦ کیلوگرم در هکتار) مربوط به گیاهچه‌های ۳۰ روزه رقم دانیال در آرایش کاشت ۱۵×۱۵ سانتی‌متر بود. حداکثر شاخص سطح برگ (۵/۸) در گیاهچه‌های ۳۰ روزه رقم چمپا و بیشترین سرعت رشد گیاه در تیمار ۱۵×۱۵ سانتی‌متر در رقم دانیال (۳۳/۳ گرم در مترمربع در روز) بدست آمد. حداکثر و حداقل کارایی مصرف تابش در گیاهچه‌های ۳۰ و ٥۰ روزه (به‌ترتیب ۱/۹۵ و ۱/۲۲ گرم بر مگاژول) بدست آمد. افزایش سن گیاهچه از ۳۰ به ٥۰ روزه‌گی باعث افزایش ضریب استهلاک نوری از ۰/۰٦ به ۰/۱۰ شد. نتایج این آزمایش نشان داد که گیاهچه‌های ۳۰ روزه ارقام برنج مورد مطالعه در آرایش کاشت ۱۵×۱۵ سانتی متر، با توجه به پایین بودن ضریب استهلاک نوری و افزایش کارایی مصرف تابش و عملکرد دانه بالاتر، جهت بهبود عملکرد برنج در منطقه محل اجرای آزمایش مناسب‌تر هستند.

واژه‌های کلیدی: برنج، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، کارایی مصرف تابش و ضریب استهلاک نوری

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۷ این مقاله مستخرج رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد

۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۲- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: p.hassibi@scu.ac.ir)
۳-استادیار پژوهش مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

مقدمه

برنج منبع غذایی بیش از نیمی از مردم جهان است و پس از گندم دومین گیاه زراعی مهم جهان به‌شمار می‌رود (Singh *et al.*, 2017). برنج یک سوم از کل سطح زیر کشت جهانی غلات را به خود اختصاص داده و در حدود ۲۱ درصد از انرژی مورد نیاز بشر را تامین می‌کند (Fu *et al.*, 2021).

در اغلب موارد میزان تولید در گیاهان زراعی، در صورت عدم وجود آفات و بیماری‌ها، با مقدار تابش تجمعی دریافت شده توسط گیاه رابطه خطی دارد و تابش فعال فتوسنتزی مهم‌ترین عامل رشد گیاه محسوب می‌شود (Swarna *et al.*, 2017). مقدار تابش دریافت شده توسط گیاه تابع ضریب استهلاک نوری (K) و شاخص سطح برگ (LAI) است (Liu *et al.*, 2011). ضریب استهلاک نوری نشان دهنده کاهش نفوذ نور در جامعه گیاهی است و عمدتا تابع زاویه برگ‌ها و تراکم (فاصله) برگ‌ها در جامعه گیاهی است (Ghafari & Tadayon, 2019). برگ‌های عمودی‌تر (افراشته) باعث افزایش امکان نفوذ نور به داخل سایه‌انداز گیاه شده و این موضوع باعث افزایش کارایی مصرف تابش می‌شود (Singh *et al* ,.2013). مقدار کمّی ضریب استهلاک نوری با استفاده از قانون بیر- لامبرت قابل محاسبه است (Zheng *et al*., 2022). میزان ضریب استهلاک نوری تحت تاثیر عوامل مدیریتی از جمله الگوی کاشت و تراکم گیاه نیز قرار می‌گیرد (Ali *et al*., 2013). یکی از روش‌های متداول و ساده جهت تخمین ماده خشک گیاهی تولید شده، مبتنی بر کارایی مصرف تابش (Radiation Use Efficiency; RUE) گیاه است. هرعاملی که باعث تغییر در سرعت فتوسنتز برگ شود، باعث تغییر در کارایی مصرف تابش گیاه می‌شود (Ahmad *et al*., 2009). گزارش شده است که در تراکم‌های بالا، افزایش شاخص سطح برگ و بسته شدن سریع پوشش گیاهی باعث افزایش کارایی مصرف تابش ارقام برنج در تیمارهای آرایش کاشت، عمق کاشت و در سیستم کشت فشرده (SRI) می‌شود (Rajput *et al*., 2017). انتقال گیاهچه‌های جوان برنج به زمین اصلی باعث افزایش فتوسنتز شده و گیاهچه‌ها برای استفاده از عوامل محیطی از جمله نور، رقابت کمتری می‌کنند (Singh *et al*., 2017).

استان خوزستان با دارا بودن بیش از ۳۴۰۰ ساعت آفتابی در سال، عدم وجود روزهای ابری و بارندگی در طول دوره رشد گیاه برنج، دارای ظرفیت بالایی برای تولید بیشتر نسبت به سایر مناطق برنج خیز است (Nikbakht Shahbazi, 2019). بنابراین به‌نظر می‌رسد که با به کار گرفتن روش‌های صحیح مدیریتی می‌توان از این ظرفیت به‌صورت بهینه استفاده و اثرات منفی دمای بالا را به حداقل رساند. این آزمایش با هدف تعیین اثر همزمان آرایش کاشت و سن گیاهچه و خصوصیات گیاهی در بهبود کارایی مصرف تابش و عملکرد دانه ارقام برنج طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق مزرعه‌ای در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه رقم برنج (رقم محلی چمپا؛ با پنجه‌دهی متوسط، ارتفاع بوته ۱۴۵ تا ۱۵۰ سانتی‌متر، دوره رشد ۱۳۰ تا ۱۳۵ روز، میانگین تولید ۴۰۰۰ تا ۴۵۰۰ کیلوگرم در هکتار، رقم محلی عنبوری؛ با بوته‌های قوی و کم پنجه، ارتفاع بوته ۱۴۵ تا ۱۵۰ سانتی‌متر، دوره رشد ۱۴۵ تا ۱۵۰ روز، میانگین تولید ۴۵۰۰ تا ۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و رقم اصلاح شده پرمحصول دانیال؛ با پنجه دهی متوسط، دوره رشد ۱۳۰ تا ۱۳۵ روز، ارتفاع بوته ۹۰ تا ۹۵ سانتی‌متر، میانگین تولید ۶۵۰۰ تا ۷۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) (عامل اصلی)، سه آرایش کاشت (۱۵×۱۵، ۲۰×۱۵، ۳۰×۱۵ سانتی‌متر) (عامل فرعی) و سه سن گیاهچه (۳۰، ۴۰ و

۵۰ روزه) (عامل فرعی فرعی) در مزارع پایلوت شهرستان قلعه تل در شمال شرقی استان خوزستان با مختصات جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی با ارتفاع متوسط ۷۰۰ متر از سطح دریا و۳۱۹۳ ساعت آفتابی در سال اجرا شد. اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش در طول دوره رشد برنج در جدول یک ارائه شده است.

جدول ۱ – اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش (۱۳۹۸ و ۱۳۹۹)

Table 1. Meteorological information of the experiment site (2019 and 2020)

		2019 ۱۳۹۸			2020 ۱۳۹۹		
Month	ماه	میانگین دمای حداکثر Mean of Max temp. (°C)	میانگین دمای حداقل Mean of Min temp. (°C)	میانگین ساعات آفتابی Mean of sunny hours	میانگین دمای حداکثر Mean of Max temp. (°C)	میانگین دمای حداقل Mean of Min temp. (°C)	میانگین ساعات آفتابی Mean of sunny hours
Apr.	فروردین	34.8	15.6	7.9	36.2	17.8	8.6
May	اردیبهشت	45.1	23.	12.1	43.8	24.9	12.0
Jun.	خرداد	42.9	24.3	11.4	44.1	26.7	11.8
Jul.	تیر	43.3	25.	11.3	44.2	25.1	10.8
Aug.	مرداد	40.8	21.7	10.5	40.3	21.8	10.8
Sep.	شهریور	36.7	17.9	9.5	35.7	14.7	9.8
Oct.	مهر	27.2	10.8	7.0	25.1	11.1	6.6

با توجه به رعایت تناوب، بذر شبدر برسیم به میزان ۳۰ کیلوگرم بذر در هکتار، به عنوان پیش کاشت، کشت شد. تهیه خزانه در اواخر اردیبهشت هر سال پس از شخم وتسطیح در زمینی به مساحت ۱۵۰ مترمربع انجام شد. بذرپاشی بذور برنج جوانه‌دار شده هر رقم به میزان ۵۰ تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار در اول خرداد انجام شد. تهیه زمین اصلی با اجرای شخم در دو مرحله، روتیواتور و ماله‌کشی و تسطیح انجام شد. کودهای شیمیایی مورد نیاز بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه فنی محاسبه شدند. نیتروژن (از منبع اوره) برای ارقام محلی ۱۰۰ کیلوگرم و برای رقم دانیال ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل ۵۰ کیلوگرم و پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شدند. کودهای فسفر و پتاس به علاوه یک سوم کود نیتروژن در زمان انتقال گیاهچه (به‌صورت پایه) و بقیه آن به صورت سرک به خاک داده شدند. گیاهچه‌های ۳۰ روزه رقم چمپا در آرایش ۱۵×۱۵ سانتی‌متر به عنوان شاهد متداول منطقه در نظر گرفته شدند شد. ابعاد کرت‌های ازمایشی ۲/۵×۴ متر (۱۰ مترمربع) در نظر گرفته شد. گیاهچه‌های ۳۰، ۴۰ و ۵۰ روزه به‌ترتیب در اول، ۱۰ و ۲۰ تیر هر سال در زمین اصلی نشاکاری شدند. نمونه برداری‌های اول، دوم، سوم ، چهارم و پنجم به‌ترتیب ۴۵، ۶۰، ۷۵، ۹۰ و ۱۰۵ روز پس از نشاکاری انجام شد. سطح برگ‌ها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (WINAREA-UT-11, UK) و وزن خشک بوته‌ها با نمونه‌برداری و خشکاندن آنها در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شدند. صفات و شاخص‌های گیاهی اندازه‌گیری شده به‌شرح زیر بودند.

سرعت رشد گیاه (CGR): با محاسبه نسبت تغییرات وزن خشک بین دو نمونه‌برداری (W_2-W_1) به فاصله زمانی بین دو نمونه‌برداری (T_2-T_1) در واحد سطح (GA) برآورد شد (Rakesh *et al.*, 2017).

CGR= 1/GA* (W2-W1) / (T2-T1) (رابطه ۱)

برای برآورد شاخص سطح برگ روزانه که

جهت محاسبه مقدار تجمعی تابش جذب شده در پوشش گیاهی به‌کار می‌رود، از رابطه ۲ استفاده شد (Tsubo *et al.*, 2001).

$$y = a + b / (1+\exp(-(x-c)/d))$$ (رابطه ۲)

a: عرض از مبدأ، b: زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ، c: حداکثر شاخص سطح برگ، d: نقطه عطف منحنی و x: تعداد روز پس از نشاکاری هستند.

به‌منظور محاسبه کارایی مصرف تابش (RUE)، میزان تابش روزانه خورشیدی برای عرض جغرافیایی قلعه تل با روش ارائه شده توسط گودریان و ون‌لار (Goudriaan and Vanlaar, 1993) محاسبه و سپس براساس تعداد ساعات آفتابی دریافت شده از ایستگاه هواشناسی اصلاح و تابش جذب شده روزانه برای گیاه برنج با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد.

$$I_{abs}=I_o\,(1-e^{(-K.LAI)})$$ (رابطه ۳)

I_{abs}: میزان تابش جذب شده توسط پوشش گیاهی و I_0: میزان تابش خورشیدی رسیده به بالای پوشش گیاهی هستند. با استفاده از رابطه ۳ و با داشتن شاخص سطح برگ و میزان تابش در بالا و کف پوشش گیاهی، ضریب استهلاک نوری با رگرسیون گیری از لگاریتم طبیعی مقدار نور عبور کرده (I_i/I_o) در مقابل شاخص سطح برگ به دست آمد. اندازه‌گیری تابش در بالا و کف پوشش گیاهی با استفاده از دستگاه تابش‌سنج (Quantum PAR meter, Hydrofarm, USA) از ۴۵ روز پس از نشاکاری با فاصله پانزده روز یک‌بار در ساعات ۱۱ تا ۱۳ در شرایط آسمان بدون ابر، برای هر تیمار انجام شد.

پس از آن کارایی مصرف تابش از طریق محاسبه شیب خط رگرسیون بین ماده خشک (گرم بر مترمربع) و میزان تابش تجمعی (مگاژول بر مترمربع) محاسبه شد (Tsubo *et al.*, 2001). در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، بوته‌های دو مترمربع از هر کرت (با حذف اثر حاشیه) برداشت و محصول آن بعد از خرمنکوبی به عنوان عملکرد دانه در نظر گرفته شد.

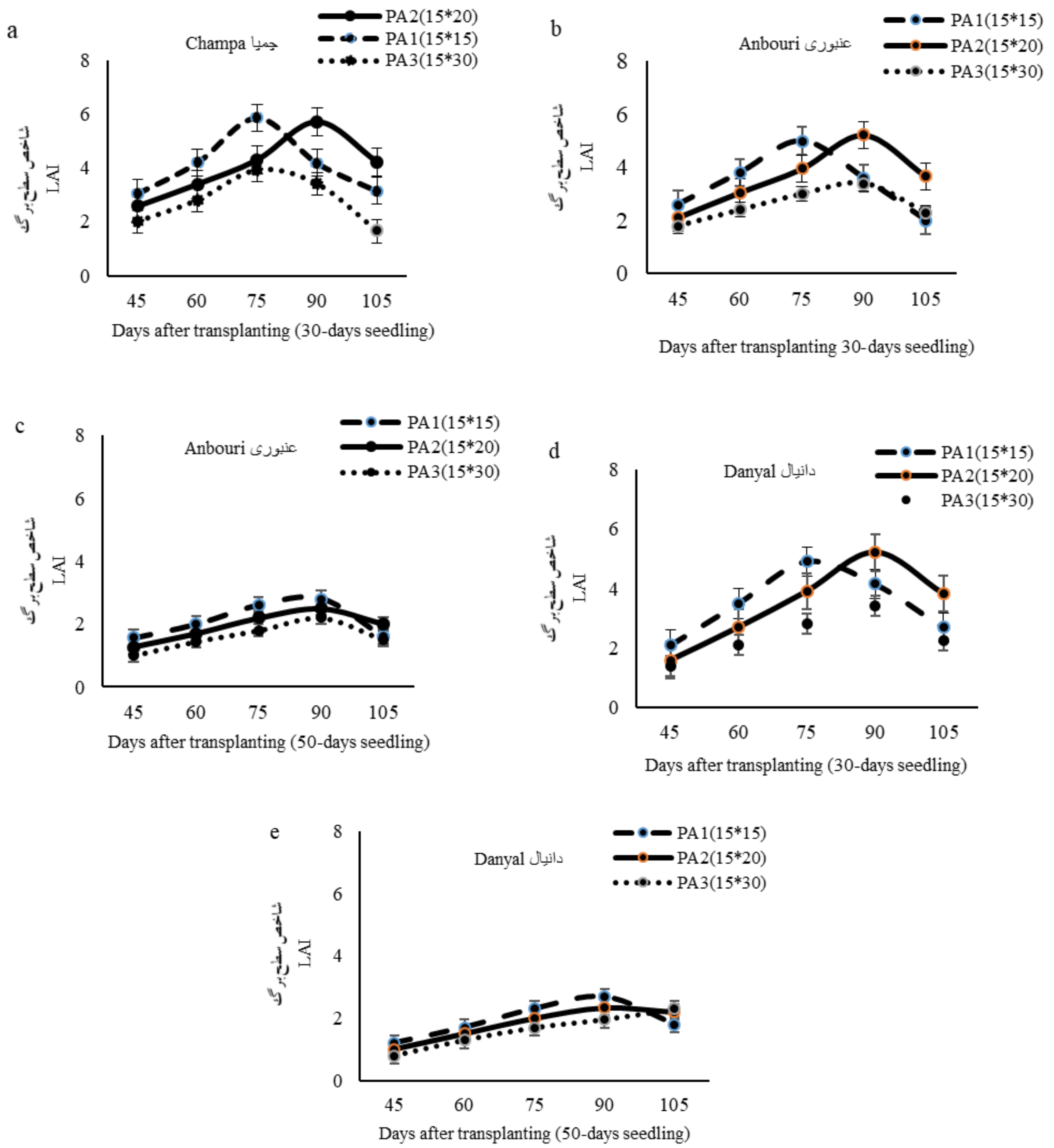
پس از اجرای آزمون بارتلت و اطمینان از همگن بودن واریانس خطای آزمایش، تجزیه آماری به صورت مرکب با فرض تصادفی بودن اثر سال انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver. 9.4 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام و از نرم افزار Excel برای رسم نمودارها استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر رقم، آرایش کاشت، سن گیاهچه و برهمکنش آنها در نمونه‌برداری‌های مختلف برای شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، کارایی مصرف تابش، ضریب استهلاک نوری و عملکرد دانه معنی‌دار بوده و اثر سال بر آنها معنی‌دار نبود.

نتایج نشان داد که روند توسعه سطح برگ بوته های ارقام برنج طی فصل رشد غیرخطی بود و مانند سایر گیاهان زراعی از جمله گندم و کلزا شکل سیگموئیدی داشت. نتایج برهمکنش تیمارها نشان داد که شاخص سطح برگ در گیاهچه‌های ۳۰ روزه رقم چمپا (شاهد متداول منطقه)، در آرایش کاشت ۱۵×۱۵ سانتی‌متر، ۵/۸ بود که ۷۵ روز پس از نشاکاری در زمین اصلی بدست آمد (شکل ۱- a). به‌نظر می‌رسد که دمای مناسب هوا در زمان انتقال گیاهچه‌های ۳۰ روزه باعث کوتاه‌تر شدن دوره پاگیری آنها شد که این موضوع باعث تولید سریع‌تر برگ‌ها و پنجه‌های جدید و افزایش سطح برگ‌های گیاه شد. این یافته با نتایج فرانچسکانگلی و همکاران (Francescangeli *et al.*, 2006) در گیاه برنج مطابقت داشت. نتایج نشان داد که رقم عنبوری در تیمار ۱۵×۱۵ سانتی‌متر به نحو مناسبی سطح زمین را پوشش داده و با

استفاده حداکثری از منابع، شاخص سطح برگ بیشتری داشته و در نتیجه جذب تابش فعال فتوسنتزی در بوته‌های آن بیشتر بود. این یافته با نتایج روزاتی و همکاران (Rosati *et al.,* 2004) مطابقت داشت (شکل ۱- b). شاخص سطح برگ در گیاهچه‌های ۵۰ روزه رقم عنبوری در تیمار ۳۰×۱۵، ۲/۴ بود. به‌نظر می‌رسد که تاخیر در نشاکاری باعث مواجه شدن گیاه با



شکل ۱- برهمکنش رقم، آرایش کاشت و سن گیاهچه بر روند تغییرات شاخص سطح برگ ارقام محلی و اصلاح شده برنج

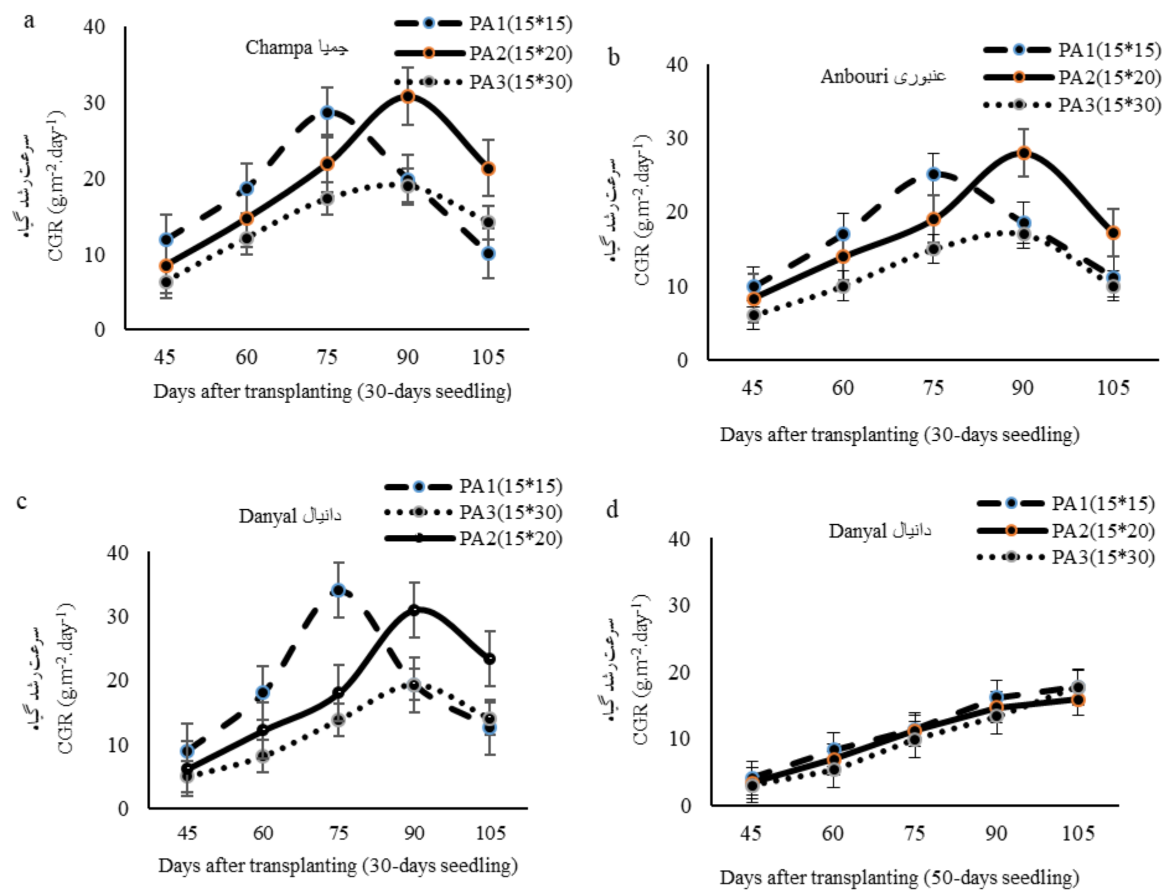
مقادیر میانگین سه تکرار ± انحراف معیار هستند

Fig. 1. Interaction effect of cultivar, planting arrangement (PA) and seedling age on variation trend of LAI of local and improved rice cultivars

Values are the average of three replicates ± standard deviation

عوامل نامساعد محیطی و کاهش شاخص سطح برگ و کاهش جذب تابش خورشیدی شده است. این موضوع با نتایج لاچلان و ویکتور (Lachlan and Victor, 2017) مطابقت دارد (شکل ۱- c). در رقم دانیال در ابتدای رشد شاخص سطح برگ پایین بوده و با افزایش رشد، مقدار آن افزایش یافت. در گیاهچه‌های ۵۰ روزه رقم دانیال تغییرات متفاوت بود و تولید پنجه‌های جدید باعث افزایش جزئی شاخص سطح برگ پس از گلدهی شد (شکل ۱- d,e).

نتایج نشان داد که در نمونه برداری‌های اول ارقام محلی از سرعت رشد گیاه (CGR) بالاتری نسبت به رقم اصلاح شده دانیال برخوردار بودند، اما در ادامه فصل رشد، در رقم دانیال به دلیل دارا بودن برگ‌های عمودی‌تر (افراشته) امکان نفوذ بیشتر نور به درون پوشش گیاهی فراهم شده و باعث افزایش تجمع ماده خشک در واحد سطح گردید (شکل ۲). براساس نتایج برهمکنش تیمارها، کاهش سرعت رشد گیاه در گیاهچه‌های ۳۰ روزه رقم چمپا در تیمار ۱۵×۱۵ سانتی‌متر در مراحل پایانی ممکن است به این دلیل باشد که افزایش مساحت برگ‌ها و افزایش شاخص سطح برگ، باعث عدم دریافت نور کافی توسط برگ‌های پایینی گیاه برای تثبیت دی‌اکسید کربن شده باشد. این



شکل ۲- برهمکنش رقم، آرایش کاشت و سن گیاهچه بر روند تغییرات سرعت رشد گیاه ارقام محلی و اصلاح شده برنج

مقادیر میانگین سه تکرار ± انحراف معیار

Fig. 2. Interaction effect of cultivar, planting arrangement (PA) and seedling age on variation trend of CGR of local and improved rice cultivars

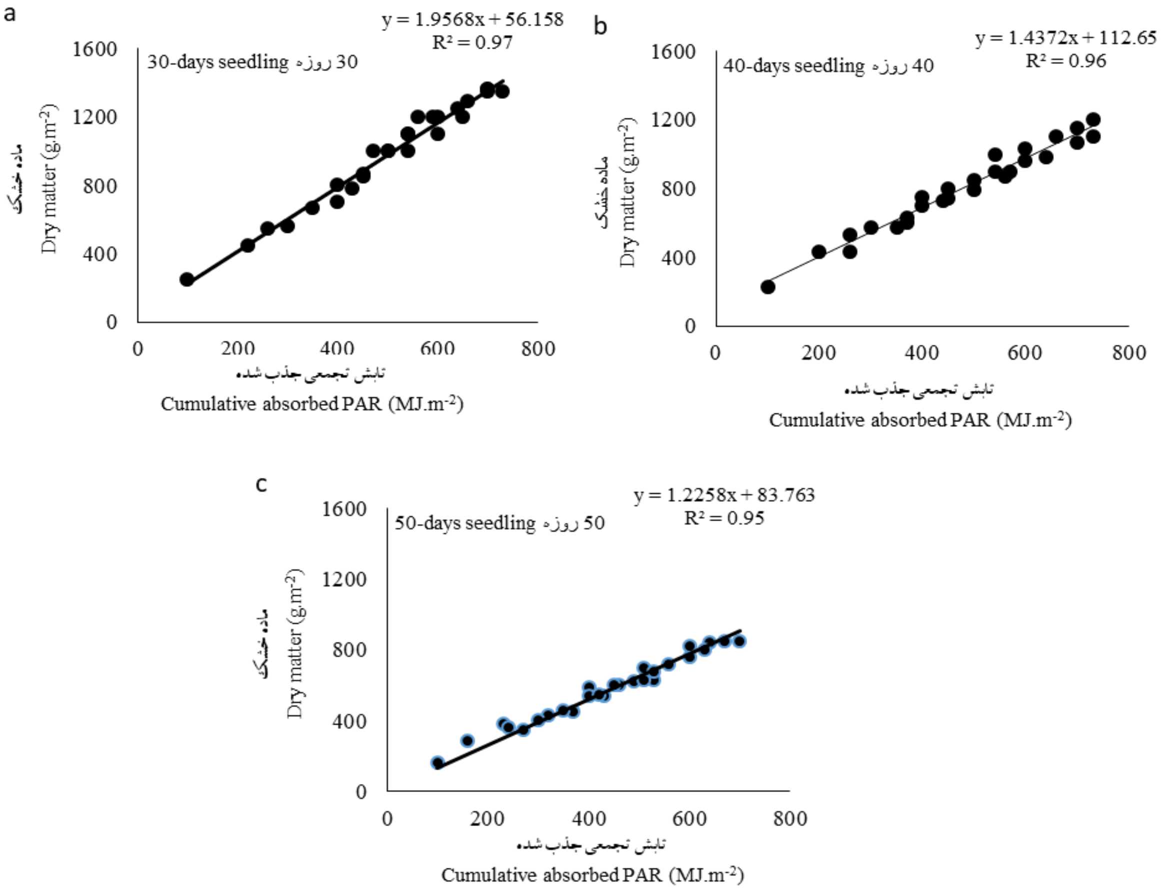
Values are the average of three replicates ± standard deviation

یافتـه بـا نتـایج رام و همکـاران (Ram *et al.*, 2014) مطابقـت دارد (شـکل ۲- a). در گیاهچـه‌هـای ۳۰ روزه رقم عنبوری در تیمار ۱۵×۱۵ سـانتی‌متـر، سـرعت رشـد گیـاه ۲۵/۱۳ گـرم بـر مترمربـع در روز بـود کـه پـس از مرحلـه گلـدهی (۷۵ روز پـس از نشـاکاری)، رونـد کاهشی یافت. در تیمار ۲۰ ×۱۵ سانتی‌متر این مقـدار ۲۸ گرم بر مترمربع در روز (۹۰ روز پس از نشـاکاری) بـود (شـکل ۲- b). انتقـال زودتـر گیاهچـه باعـث افـزایش شـاخص سـطح بـرگ و افـزایش دریافـت تـابش و در نتیجه افزایش سرعت رشد گیاه گردید که این موضـوع بـا یافتـه‌هـای سـاجو و همکـاران (Saju *et al.*, 2019) مطابقـت دارد. در گیاهچـه‌هـای ۳۰ روزه رقـم دانیـال در تیمار ۱۵×۱۵ سانتی‌متـر، میـزان سـرعت رشـد گیـاه ۳۳/۳۳ گرم بر مترمربع در روز بـود کـه ۷۵ روز پـس از نشـاکاری حاصـل شـد. در گیاهچـه‌هـای ۵۰ روزه رقم دانیال، به‌علت ظهـور پنجـه‌هـا و بـرگ‌هـای جدیـد سرعت رشد گیـاه تـا پایـان فصـل رشـد افـزایش یافـت (شکل ۲- c,d).

نتایج نشـان داد کـه در کلیـه سـنین گیاهچـه، تجمـع ماده خشک ارتباط خطی با تابش تجمعـی جـذب شـده توسـط گیـاه داشـت و ضـریب همبسـتگی بـیش از ۹۰ درصد بود (شکل ۳). بیشترین کارایی مصرف تـابش در گیاهچه‌هـای ۳۰ روزه، ۱/۹۵ گـرم بـر مگـاژول بدسـت آمـد (شـکل ۳- a). بـه‌نظـر مـی‌رسـد کـه گیاهچـه‌هـای جوان‌تر سرعت رشد بیشتری در شـروع فصـل داشـته و پوشش گیاهی آنها زودتر کامـل شـده و جـذب تـابش خورشـیدی بیشـتری داشـته و مـاده خشـک بیشـتری تولیـد کردنـد. ایـن موضـوع مشـابه نتـایج سـوریانتو و همکـاران (Suryanto *et al.*, 2017) بـود. بـه‌عـلاوه گیاهچه‌های ۳۰ روزه از بیشـترین میـزان شـاخص سـطح بـرگ برخـوردار بودنـد کـه باعـث توانـایی بیشتر در جذب تابش و افزایش کارایی مصرف تابش مـی‌شـود. ژنـگ و همکـاران (Zheng *et al.*, 2022) نیـز نتـایج مشـابهی را گـزارش کـرده‌انـد. در گیاهچـه‌هـای ۴۰ روزه کارایی مصرف تابش ۱/۴۰ گـرم بـر مگـاژول بود (شکل ۳-b). در ابتدای انتقـال گیاهچـه‌هـا بـه زمـین اصلی به بدلیل پایین بودن مقدار شـاخص سـطح بـرگ، جـذب تـابش توسـط پوشـش گیـاهی بطـور کامـل انجام نشد و در نتیجه تولید ماده خشـک کمتـر بـود. در گیاهچه‌های ۵۰ روزه کارایی مصرف تـابش ۱/۲۲ گـرم بر مگاژول بود (شـکل ۳-c) کـه نسبت بـه سـایر سـنین گیاهچه کمتـرین مقـدار را داشـت. دلیـل ایـن موضـوع می‌تواند نشاکاری دیرهنگـام و مصـادف شـدن پـاگیری گیاهچـه‌هـا بـا دمـای بـالای هـوا باشـد کـه باعـث کـاهش شـاخص سطح بـرگ و کـاهش جـذب تـابش گردیـد. بـه‌نظـر مـی‌رسـد کـه یکـی از عوامـل مهـم در کـارایی مصـرف تـابش، سـن مناسـب گیاهچـه‌هـا در زمـان نشـاکاری اسـت کـه بـا افـزایش سـطح بـرگ در واحـد سـطح باعـث افـزایش تولیـد و تجمـع مـاده خشک گیاه مـی‌شـود (Singh., 2019). سـینکلر و مـاچو (Sinclair and Muchow, 1999) حـداکثر کـارایی مصـرف تـابش بـرای بـرنج را ۱/۳۹ گـرم بـر مگـاژول گـزارش کردنـد. مقـدار کـارایی مصـرف تـابش در آزمایش‌های مختلف متفـاوت گـزارش شـده اسـت کـه دلیـل ایـن موضـوع مـی‌توانـد بـه نحـوه انـدازگیری تـابش، نحـوه محاسـبه تـابش فعـال فتوسـنتزی در طـول فصـل رشـد، لحـاظ یـا صـرف نظـر کـردن از سـهم وزن خشـک ریشـه در زیسـت تـوده کـل گیـاه و وضـعیت آب و مـواد غـذایی در دسـترس گیـاه باشـد (Hussain *et al.*, 2017).

نتایج نشان داد که سن گیاهچه بر ضریب اسـتهلاک نـوری بوتـه‌هـا اثـر داشـت. نتـایج تجزیـه رگرسـیون نشـان داد کـه میـزان ضـریب اسـتهلاک نـوری در گیاهچه‌های ۳۰ روزه ۰/۰۶ بود که نسبت به سایر سنین کمتـرین مقـدار را داشـت و بـا افـزایش شـاخص سطح برگ بـه‌طـور خطـی کـاهش یافـت (شـکل ۴-a).

روزاتی و همکاران (Rosati *et al.*, 2021) گزارش کردند که کاهش مقدار ضریب



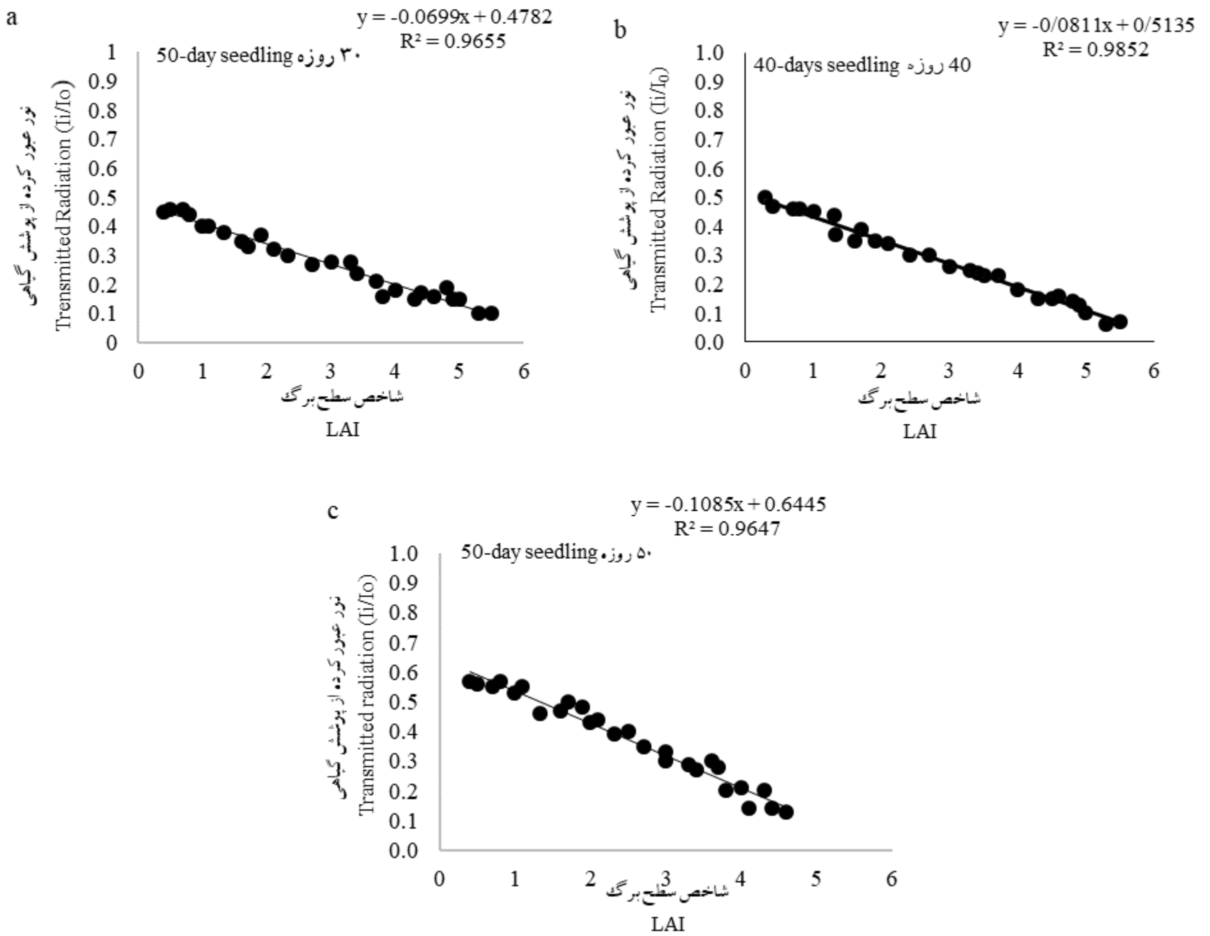
شکل ۳- رابطه رگرسیونی بین مجموع تابش فعال فتوسنتزی جذب شده و وزن خشک گیاه ارقام برنج در تیمارهای سن گیاهچه (شیب خط رگرسیون کارایی مصرف تابش را نشان می‌دهد)

Fig. 3. Regression relationsheep between cumulative absorbed PAR and dry matter of rice cultivars in seedling age treatments (The slope of the regression line shows radiation use efficiency)

استهلاک نوری باعث فراهم شدن نفوذ نور به داخل پوشش گیاهی و برخورد نور به برگ‌های بیشتر (در تابش کم)، باعث افزایش سرعت کربوکسیلاسیون و افزایش کارایی مصرف تابش در گیاهان منبع‌محدود خواهد شد. میزان ضریب استهلاک نوری در گیاهچه‌های ۴۰ روزه ۰/۰۸ بود و با افزایش سن گیاهچه مقدار آن نیز افزایش یافت (شکل ۴- b). گیاهچه‌های ۵۰ روزه با ۰/۱۰ بیشترین مقدار ضریب استهلاک نوری را داشتند (شکل ۴- c). از دلایل این موضوع می‌توان برگ‌های بزرگتر و سایه اندازی بیشتر در گیاهچه‌های ۵۰ روزه ذکر کرد. برخی از محققین (Ahmad *et al.*, 2009) پایین بودن ضریب استهلاک نوری را یک مزیت گزارش کرده و از آن به‌عنوان یکی از اهداف به‌نژادی جهت افزایش عملکرد در برنج اعلام کرده‌اند.

نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه مربوط به قم عنبوری در گیاهچه‌های ۳۰ و ۴۰ و ۵۰ روزه در تیمار ۱۵×۱۵ سانتی‌متر بود. علت برتری رقم عنبوری را

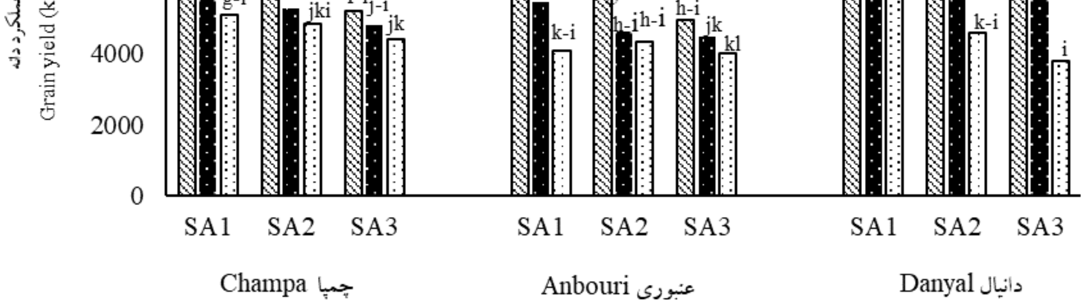
می توان به میزان دریافت کافی تابش و امکان نفوذ نور بیشتر به درون پوشش گیاهی نسبت داد. اوانگلوس و

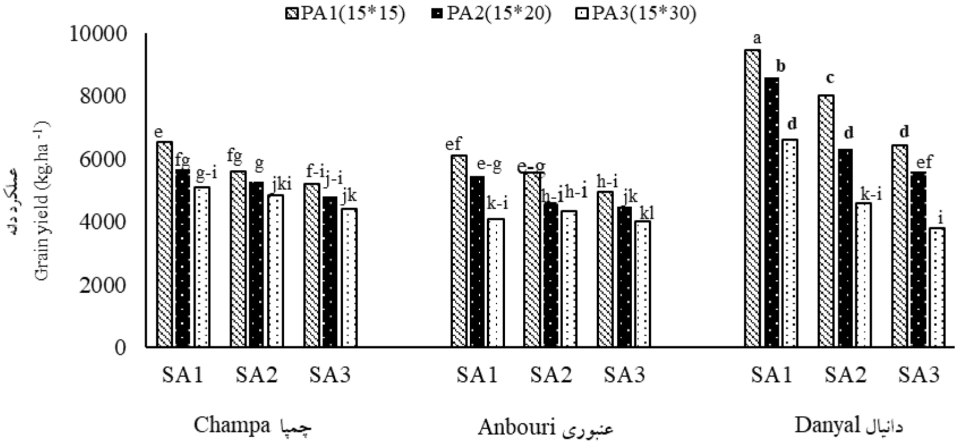


شکل ۴- رابطه رگرسیونی بین نسبت نور عبور کرده از پوشش گیاهی به شاخص سطح برگ ارقام برنج در تیمارهای سن گیاهچه (هر نقطه میانگین شش مشاهده بوده و شیب منحنی برابر با ضریب استهلاک نوری است)

Fig. 4. Regression relationsheep between transmitted light through the canopy related to LAI of rice cultivars in seedling age treatments (Each point is the mean of 6 observations and the curve slope represent the light extinction coefficient

همکاران (Evangelos *et al.*,2011) گزارش کردند که تفاوت در تولید ماده خشک در آرایش‌های مختلف کاشت را می‌توان عامل تفاوت در عملکرد دانست که این موضوع به‌دلیل تفاوت در میزان جذب تابش فعال فتوسنتزی و نیز کارایی مصرف تابش جذب شده توسط گیاه است. رقم دانیال در آرایش کاشت ۱۵× ۱۵سانتی‌متر دارای بیشترین عملکرد دانه (۹۴۶۶ کیلوگرم در هکتار) بود و در گیاهچه‌های ۵۰ روزه در همین آرایش کاشت، عملکرد دانه ۶۴۱۰ کیلوگرم در هکتار بود. در رقم دانیال با افزایش سن گیاهچه عملکرد دانه به شدت کاهش یافت که این موضوع نشان می‌دهد ارقام پرمحصول در دامنه مناسبی از شرایط محیطی قادر به تولید بیشتر هستند. این یافته با نتایج راجپوت و همکاران (Rajput *et al.*, 2017) مطابقت داشت (شکل ۵).





شکل ۵- برهمکنش رقم، آرایش کاشت و سن گیاهچه برعملکرد دانه ارقام محلی و اصلاح شده برنج

Fig. 5. Interaction effect of cultivar, planting arrangement (PA1:15*15 cm, PA2: 15*20 cm, PA3:15*30 cm) and seedling age (SA1: 30, SA2: 40, SA_3: 50 days) on grain yield

نتیجه‌گیری

برای دستیابی به یک عملکرد مطلوب نیاز به توسعه سریع پوشش گیاهی، وصول سریع‌تر به حداکثر شاخص سطح برگ برای جذب حداکثر تابش خورشید و تکمیل رشد در زمان مطلوب است. نتایج این آزمایش نشان داد که مقادیر کارایی مصرف تابش و ضریب استهلاک نوری در هر سه سن گیاهچه ۳۰، ۴۰ و ۵۰ روزه، متاثر از زمان انتقال گیاهچه و متفاوت بود. در گیاهچه‌های ۳۰ روزه، بسته شدن سریع‌تر پوشش گیاهی نسبت به سایر سنین، با بیشترین ساعات آفتابی همراه بوده و باعث افزایش کارایی مصرف تابش شد. بالا بودن شاخص سطح برگ در تیمار ۱۵×۱۵ نیز باعث افزایش معنی‌دار کارایی مصرف تابش شد. گیاهچه‌های ۳۰ روزه رقم دانیال با توجه به عمودی‌تر بودن برگ‌ها (زاویه کوچک‌تر برگ‌ها با ساقه)، کمترین میزان ضریب استهلاک نوری را داشتند که این ویژگی می‌تواند نشان دهنده قابلیت تراکم‌پذیری بیشتر این رقم باشد. به نظر می‌رسد که یکی از دلایل تفاوت بین عملکرد دانه ارقام برنج مورد ارزیابی در تیمارهای آرایش کاشت و سن گیاهچه، تفاوت در کارایی مصرف تابش آن‌ها بوده باشد. با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش می‌توان اظهار کرد که نشاکاری گیاهچه‌های جوان‌تر برنج، باعث کاهش ضریب استهلاک نوری و بهره‌مندی حداکثر از تابش خورشیدی برای دستیابی به عملکرد دانه بالاتر ارقام برنج خواهد شد.

سپاسگزاری

از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز جهت تامین هزینه این پژوهش که قسمتی از قرارداد پژوهانه شماره ۹۹/۳/۰۲/۱۸۲۸۷۹ می‌باشد، تشکر و قدردانی می‌شود.

References منابع مورد استفاده

Ahmad, A., Iqbal1, S., Ahmad, S., Khaliq, T., Nasim, W., Husnain, Z., Hussain, A., Zia, M. and Hoogenboom,

G. 2009. Seasonal growth, radiation interception, its conversion efficiency and biomass production of *Oryza sativa* under diverse agro-environments in Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 41(3), pp.30-41.

Ali, M. S. Hasan, M. A., Sikder, S., Islam, M. R. and Hafiz, H. R. 2013. Effect of seedling age and water management on the performance of (*Oryza sativa*) variety Brri Dhan28. *The Agriculurists*, 11(2), pp.28-37. http://doi.org/10.3329/agric.v11i2.17484

Evangelos, D. G., Derrick, M., Oosterhuis, A. and Bibi, C. 2011. Light interception and radiation use efficiency of okra and normal leaf cotton isolines. *Environmental and Experimental Botany*, 72, pp.217– 222. http://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.03.008

Francescangeli, N., Sangiacomo, M. A. and Marti, H. 2006. Effects of plant density in *Oryza sativa* on yield and radiation use efficiency. *Scientia Horticulturae*, 110, pp.135–143. http://doi.org/10.4236/jhrss.2019.73030

Fu, Y. Q., Zhong, X. H., Zeng, J. H., Liang, K. M., Pan, J. F. and Xin, Y. 2021. Improving grain yield, nitrogen use efficiency and radiation use efficiency by dense planting, with delayed and reduced nitrogen application, in double cropping rice in south china. *Journal of Agricultural Sciences*, 20(2), pp.565–580. http://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63380-9

Ghafari, H. and Tadayon, M. R. 2019. Impact of jasmonic acid on radiation use efficiency and dry biomasses of (*Beta vulgaris L.*) under water deficit conditions. *Plant Production*, 41(4), pp.237-250. [In Persian]. http://doi.org/10.22055/ppd.2018.22847.1499

Goudriaan, J. and Vanlaar, H. H. 1993. Modelling potential crop growth processes. Kluwer Academic Press, http://doi.org/10.1007/978-94011-07501

Hussain, A., Ziahaq, M. and Hoogenboom, G. 2009. Seasonal growth, radiation interception, its efficiency and biomass production of *Oryza sativa* L. under diverse agro-environments in Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 41(3), pp.1241-1257.

Lachlan, L. and Victor, O. 2017. Associations between yield, intercepted radiation and radiation use efficiency in chickpea. *Crop and Pasture Science* 68(2), 140-147. http://doi.org/10.1071/CP16356

Liu, T., Song, F., Liu, S. and Zhu X. 2011. Canopy structure, light interception and photosynthetic characteristics under different narrow-wide planting patterns in maize at silking stage. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(4), pp.1249-1261. http://doi.org/10.5424/sjar/20110904-050-11

Rajput, A., Rajput, S. S. and Jha, G. 2017. Physiological parameters leaf area index, crop grow rate, relative growth rate and net assimilation rate of different varieties of rice grown under different planting geometries and depths in SRI. *Internationa Journal of Pure and Applied Bioscience*, 5(1), pp.362- 367 http://doi.org/10.18782/2320-7051.2472

Nikbakht Shahbazi, A. R. 2019. Investigation of crop evapotranspiration and precipitation changes under climate change RCPs scenarios in Khouzestan province. *Journal of Water and Soil Conservation*, 25(6),

pp.123-139. [In Persian]. http://doi.org/10. 22069/JWSC.2019.14583.2945

Rakesh, P., Vijay, P., Madurima, D. and Mahesh, M. R. 2017. Plant growth analysis. Physiological techniques to analyze the impact of climate change on crop plants. *Crop and Pastur Sciences*, 20(4), pp.6-25. http://doi.org/10. 1071/CP16356

Ram, H., Singh, J. P., Bohra, J. S., Rajiv, K., Singh, K. and Sutaliya, J. M. 2014. Effect of seedlings age and plant spacing on growth, yield, nutrient uptake and economics of rice (*Oryza sativa*) genotypes under system of rice intensification. *Indian Journal of Agronomy*, 59(2), pp.256-26.

Rosati, A. Metcalf, S. G. and Lampinen, B. D. 2004. A simple method to estimate photosynthetic radiation use efficiency of canopies. *Annals of Botany*, 38, pp.1-13. http://doi.org/10.1093/aob/mch081

Rosati, A., Marchionni, D., Mantovani, D., Ponti, L. and Famiani, F. 2021. Intercepted photosynthetically active radiation (PAR) and spatial and temporal distribution of transmitted PAR under high-density and super high-density olive orchards. *Agriculture*, 11(4), pp.351. http://doi.org/10.3390/agriculture11040351

Sinclair, T. R. and Muchow, R.C. 1999. Radiation use efficiency. *Advances in Agronomy*, 65, pp.215-265. http://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60914-1

Saju, S. M., Thavaprakaash, N., Sakthivel, N. and Malathi, P. 2019. Influence of high density planting on growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.) under modified system of rice intensification. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(3), pp.3376-3380. http://doi.org/10.22271/phyto.2020.v9.i6a.12903

Singh, A. 2019. Effect of age and number of seedling per hill on growth and yield of black scented rice (*Oryza sativa* L.) variety 'Chakhao poireiton' under manipur condition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(7), pp.126-137. http://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.807

Singh, K., Rathore, R. S., Shishu, P. and Roy, R. 2013. Effect of age of seedling and spacing on yield, economics, soil health and digestibility of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes under system of rice intensification. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 83(5), pp.479-83.

Singh, S., Kumar, V., Sagar, V., Maurya, M. L. and Khan, A. W. 2017. Effect of age of seedling and plant spacing on yield and attributing traits of rice varieties under SRI method of rice cultivation. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 38(4), pp.25-34. http://doi.org/10.22271/phyto.2017.v12.i4c.14686

Suryanto, A., Maghfoer, M. D. and Kartinaty, T. 2017. Radiation use efficiency on the different varieties and the number of seedlings of rice (*Oryza sativa* L.). *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 40(3), pp.536–543. http://doi.org/10.17503/agrivita.v40i3.1851

Swarna, R., Leela Rani, P., Sreenivas, G., Raji Reddy, D. and Madhavi, A. 2017. Growth performance and radiation use efficiency of transplanted rice under varied plant densities and nitrogen levels. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(5), pp.1429-1437. http://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.605.156

Tsubo, M., Walker, S. and Mukhala, E. 2001. Comparisons of radiation use efficiency of mono-/inter-

cropping systems with different row orientations. *Filed Crops Research*, 71, pp.17-29. http://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00142-3

Zheng, C., Wang, Y., Yang, D., Xiao, S., Sun, Y., Huang, J. and Peng, S. 2022. Biomass, radiation use efficiency and nitrogen utilization of ratoon rice respond to nitrogen management in central china. *Field Crops Research*, 91, pp.180–190. http://doi.org/10.3389/fpls.2022.889542

Effect of planting arrangement and seedling age on grain yield and radiation use efficiency of local and improved rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in Khouzestan province, Iran

Banari. M.[1], P. Hassibi[2] and A. Guilani[3]

ABSTRACT

Banari. M., P. Hassibi and A. Guilani. 2023. Effect of planting arrangement and seedling age on grain yield and radiation use efficiency of local and improved rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in Khouzestan province, Iran**. Iranian Journal of Crop Sciences. 25(1): 41-54. (In Persian).**

Solar radiation affects crop growth and development. Dry matter production by crops has often a positive relationship with radiation absorption by canopy and radiation use efficiency. Therefore, to evaluate radiation use efficiency of rice cultivars, a field experiment was carried out as split-split-plot arrangements in randomized complete block design with three replications in pilot plots in Qaleh-Tal district of Khuzestan province, Iran, in 2019-2020 and 2020-2021 growing seasons. Three rice cultivars; Champa, Anbouri and Danial were assigned to main plots, three planting arrangement; 15 cm × 15 cm, 15 cm × 20 cm and 15 cm× 30 cm, were randomized in sub-plots and seedling age at three levels; 30, 40 and 50-day old seedlings, in sub-sub-plots . Results showed that highest grain yield (9466 kg.ha^{-1}) was recorded for cv. Danial in the 15 cm× 15 cm planting arrangement of 30-day seedling age treatment. The highest leaf area index (5.8) was achieved for cv. Champa in 30-day seedling age treatment. The highest crop growth rate (33.3 g.m^{-2} .day^{-1}) observed for cv. Danial in 15 cm × 15 cm planting arrangement and 30-day seedling age treatment. The highest (1.95) and lowest (1.22 g,MJ^{-1}) radiation use efficiency (RUE) were obtaibed in 30 and 50-day old seedlings, respectively. The increase of seedling age from 30 to 50 days led to incraese of light extinction coefficient from 0.06 to 0.10. The results of this experiment showed that 30-day old seedling at 15 cm × 15 cm planting arrangement treatment is more suitable for improving grain yield of rice cultivars in the target areas considering the low light extinction coefficient and high radiation use efficiency.

Key words: Grain yield, Leaf area index, Light extinction coefficient, Radiation use efficiency and Rice

Received: February, 2023 **Accepted: June, 2023**

1. PhD Student, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2. Associate Prof., Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (Corresponding author) (Email: p.hassibi@scu.ac.ir)
3. Assistant Prof., Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran